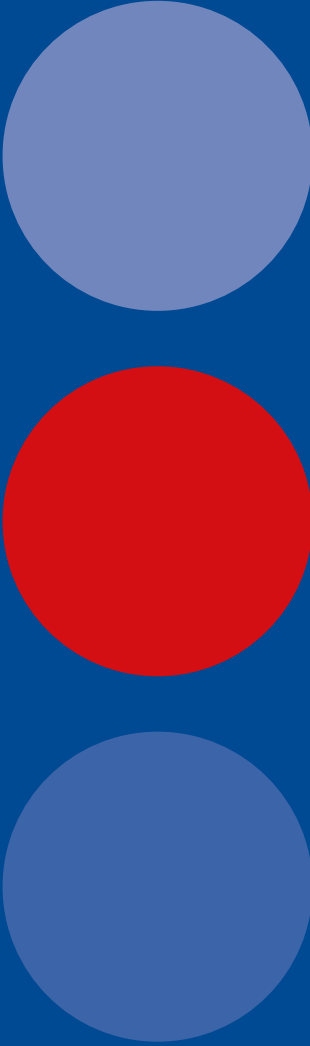


**213-714**

## **DGUV Information 213-714**



### **Manuelles Kolbenlöten mit bleihaltigen Lotlegierungen in der Elektro- und Elektronik- industrie**

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der  
Unfallversicherungsträger (EGU) nach der  
Gefahrstoffverordnung

Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium  
(VSK) nach der TRGS 420

## **Impressum**

Herausgeber:  
Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet „Gefahrstoffe“;  
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV.

Ausgabe: Januar 2018

DGUV Information 213-714 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger  
oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

# **Manuelles Kolbenlöten mit bleihaltigen Lotlegierungen in der Elektro- und Elektronik- industrie**

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU)  
nach der Gefahrstoffverordnung

Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium (VSK) nach der TRGS 420

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Allgemeines</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Anwendungsbereich</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Gefährdungsermittlung und Beurteilung</b> .....	<b>9</b>
5.1. Gefahrstoffe .....	9
5.2. Bewertung der Gefahrstoffexposition .....	12
<b>6 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsprüfung</b> ...	<b>13</b>
6.1. Substitution .....	13
6.2. Technische Schutzmaßnahmen .....	13
6.3. Organisatorische Schutzmaßnahmen .....	13
6.4. Unterweisung .....	13
6.5. Arbeitsmedizinische Vorsorge.....	13
6.6. Wirksamkeitsprüfung .....	14
<b>Anhang 1</b> Literatur .....	<b>15</b>
<b>Anhang 2</b> Gefahrstoffbelastung beim Weichlöten (Kolbenlöten) .....	<b>17</b>

# Vorbemerkung

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung werden von der antragstellenden Organisation erarbeitet in Zusammenarbeit mit

- den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern (UVT) und dem
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) gemeinsam mit der
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und gegebenenfalls weiteren Messstellen z. B. der Bundesländer.

Sie werden herausgegeben durch das Sachgebiet „Gefahrstoffe“, Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) und in das Regelwerk unter der Bestellnummer DGUV Information 213-701 ff. aufgenommen. Darüber hinaus erfolgt eine Verbreitung über das Internet sowie branchenbezogen durch die einzelnen Unfallversicherungsträger.

EGU werden im Abstand von fünf Jahren durch die Projektgruppe „EGU“, Sachgebiet „Gefahrstoffe“ überprüft. Sollten Änderungen notwendig werden, werden diese veröffentlicht.

Diese Empfehlungen wurden erstmals im Februar 1998 von der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Köln, erstellt. Sie wurden zum Januar 2006 überarbeitet sowie im Juni 2008 aktualisiert und Dezember 2016 nochmals überarbeitet. Sie ersetzen die „BG-Information BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung – Weichlöten mit dem LötKolben an elektrischen und elektronischen Baugruppen oder deren Einzelkomponenten (Kolbenlöten)“ vom Juni 2008.

# 1 Allgemeines

Maßnahmen aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [1] und 7. Sozialgesetzbuch (SGB VII) [2] gegen arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren werden in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [3] und den zugehörigen Technischen Regeln konkretisiert sowie durch Regeln, Vorschriften und Informationen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) erläutert.

Die in den Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach Gefahrstoffverordnung beschriebenen Verfahren, Tätigkeiten und Schutzmaßnahmen sind vorrangig auf die Gefahrstoffverordnung gerichtet. Die Arbeitsstätte und die Verwendung von Arbeitsmitteln sind in einer Gefährdungsbeurteilung gemäß der Verordnung über Arbeitsstätten (ArbStättV) [4] und der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (BetrSichV) [5] gesondert zu betrachten. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist in Absprache mit dem zuständigen Facharzt oder der zuständigen Fachärztin die arbeitsmedizinische Vorsorge gemäß der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) festzulegen [6].

Die GefStoffV fordert die Unternehmen unter anderem auf, Gefahrstoffe durch nicht oder weniger gefährliche Stoffe zu ersetzen. Ist dies nicht möglich, ist Art und Ausmaß der Exposition der Beschäftigten zu bewerten. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder gleichwertige, auch nichtmesstechnische Ermittlungsverfahren erfolgen. EGU nach Gefahrstoffverordnung sind eine wertvolle Hilfe bei der Gefährdungsbeurteilung, da sie für abzuleitende Schutzmaßnahmen und deren Wirksamkeitsüberprüfung entsprechend der Technischen Regel für Gefahrstoffe 400 – Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400) [7] als standardisierte Arbeitsverfahren mit herangezogen werden können.

Darüber hinaus können diese EGU als nichtmesstechnisches Verfahren bei der Informationsermittlung und Durchführung der Expositionsbewertung nach der Technische Regel für Gefahrstoffe 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402) [8] verwendet werden. Somit können Unternehmen den eigenen Ermittlungsaufwand erheblich reduzieren. Dies ist insbesondere bei messtechnischen Ermittlungen von Bedeutung, die im Einzelfall ganz entfallen können.

## 2 Anwendungsbereich

Diese EGU finden Anwendung für Weichlötarbeiten mit elektrisch beheizten LötKolben an elektrischen und elektronischen Baugruppen oder deren Einzelkomponenten (im Folgenden Kolbenlöten genannt). Es handelt sich dabei um das Fugenlöten punktförmiger Lötstellen mit bleihaltigen Weichloten an Arbeitsplätzen, an denen

- elektrische und elektronische Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten verlötet werden, z. B. Leiterplatten, elektronische Kleingeräte, Verzinnen von Leiterenden,
- elektrische und elektronische Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten bei Montage-, Prüf- und Kontrollarbeiten verlötet werden,
- überwiegend Reparaturlötungen an elektrischen und elektronischen Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten durchgeführt werden.

Es werden Maßnahmen beschrieben, welche die Grenzwerteinhalten – z. B. Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900 oder andere Grenzwerte (bei Blei) – sicherstellen. Bei Stoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) wird in diesen Empfehlungen der Stand der Technik beschrieben. Die Anwendung dieser Empfehlungen setzt voraus, dass mit diesen Arbeiten nur unterwiesene Personen beauftragt werden.

Diese Empfehlungen gelten nicht für:

- Flamm- und Hartlötverfahren,
- Lötanlagen,
- Kolbenlöten mit flammbeheizten LötKolben,
- Weichlötarbeiten bei der Pfeifenherstellung im Orgelbau,
- Weichlötarbeiten mit Sonder-Weichloten, die Antimon, Cadmium oder Silber enthalten,
- Löten von Blei,
- Löten mit bleifreiem Lot,
- die Anwendung von Lötrauchabsorbentien als Tischgeräte.

Bei der Umsetzung dieser EGU ist zu berücksichtigen, dass nach der Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroStoffV) [9] die Verwendung bleihaltiger Lote einzuschränken ist. Die Hersteller haben danach sicherzustellen, dass neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte kein Blei enthalten. Ausnahmen gelten nur für Verwendungszwecke, die im Anhang der Richtlinie 2011/65/EU (RoHS-Richtlinie) [10] erwähnt sind.

Die Arbeitgeberin oder der Arbeitgeber muss im Rahmen ihrer/seiner Gefährdungsbeurteilung prüfen, inwieweit bleifreie Lote für den Anwendungsbereich zur Verfügung stehen und muss diese, sofern möglich, einsetzen. Für diese Empfehlungen bedeutet dies, dass bleihaltige Lote nur noch in bestimmten Anwendungsbereichen (z. B. Reparaturen, Automobilindustrie, Medizintechnik, Wehrtechnik) eingesetzt werden dürfen.

Diese EGU behandeln ausschließlich die inhalativen Gefährdungen. Es sind auch andere, z. B. dermale, orale oder psychische Gefährdungen möglich. Diese sind in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Bei Anwendung dieser EGU bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 6) und die Verpflichtung zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen (§ 7), bestehen.

# 3 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Empfehlungen werden folgende Begriffe bestimmt:

- **Kolbenlöten**  
Kolbenlöten bezeichnet Weichlötarbeiten mit elektrisch beheiztem LötKolben.
- **Weichlötarbeiten**  
Bei Weichlötarbeiten handelt es sich um das Fugelöten mit punktförmigen Lötstellen mittels Weichloten (Liquidustemperatur des Lotes < 450 °C).
- **Lote und Flussmittel**  
Es werden Lote nach DIN EN ISO 9453 „Weichlote; Chemische Zusammensetzung und Lieferformen“ [11], DIN EN ISO 12 224-1 „Massive Lotdrähte und flussmittelgefüllte Röhrenlote“ [12] (ausgenommen Lote, die Antimon, Cadmium oder Silber enthalten) und Flussmittel nach DIN EN ISO 9454-1 „Flussmittel zum Weichlöten – Einteilung und Anforderungen – Teil 1: Einteilung, Kennzeichnung und Verpackung“ [13] eingesetzt.

## 4 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten

Beim Kolbenlöten werden zwei Metallteile mithilfe eines Zusatzmetalls (Lot) verbunden, ohne dass die Metallteile dabei geschmolzen werden. Das Lot wird durch die erwärmte Lötspitze des LötKolbens geschmolzen. Die dabei verwendeten Flussmittel haben die Aufgabe, vorhandene Metalloxide aufzulösen, Oberflächenfilme zu beseitigen und zu verhindern, dass sich während des Lötprozesses erneut eine Oxidschicht bildet. Bei diesem Lötprozess entstehen Löttrauche. Diese Löttrauche enthalten je nach den verwendeten Produkten verschiedene gefährliche Stoffe in unterschiedlichen Konzentrationen.



Siehe Technische Regel für Gefahrstoffe „Schweißtechnische Arbeiten“ (TRGS 528) [14].

Für das manuelle Kolbenlöten mit bleihaltigen Lotlegierungen sind neben dem Werkstück (z. B. Leiterplatte, Schaltkreis, Bauteil) ein Lötendraht sowie eine Lötstation mit LötKolben und Halter erforderlich (Abbildung 1).



Abb. 1 Kolbenlöten mit Lötspitze, Lötendraht und Absaugung



# 5 Gefährdungsermittlung und Beurteilung

## 5.1. Gefahrstoffe

Die Gefahrstoffexposition beim Weichlöten mit dem LötKolben wird im Wesentlichen beeinflusst von den eingesetzten Loten und Flussmitteln sowie den verfahrenstechnischen Kenngrößen, unter anderem der Löttemperatur, Lötzeit und Einwirkzeit.



*Siehe Schmitt-Thomas, K. G., Meisel, H.: Arbeitsplatzbelastung beim Weichlöten durch Gas- und Aerosolemissionen aus Lotmetallen und Flussmitteln. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer [15].*

Bleihaltige Weichlote bestehen überwiegend aus Zinn und Blei. Die im Allgemeinen verwendeten Flussmittel bestehen meistens aus in Alkohol gelösten Harzen (z. B. Kolophonium), die mit Aktivierungszusätzen versehen sind. Aufgrund der verwendeten Produkte können im Lötrauch Blei und seine Verbindungen, Zinn und seine Verbindungen und Pyrolyseprodukte des Kolophoniums (in der Regel Aldehyde) auftreten.



*Siehe Sidhu, A. (Hrsg.): Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer [16].*

In Tabelle 1 sind zu den relevanten Gefahrstoffen deren Beurteilungsmaßstäbe, z. B. Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900 [17], und deren Einstufung gemäß der Verordnung (EG) 1272/2008 [18] oder des Herstellers zusammengefasst, wie sie der GESTIS-Stoffdatenbank [19] entnommen werden können.

Für Blei wurde dabei der im Vergleich zum verbindlichen europäischen Grenzwert (BOELV) [20] von 0,15 mg/m<sup>3</sup> strengere Beurteilungsmaßstab nach TRGS 505 [21] von 0,1 mg/m<sup>3</sup> zur Bewertung der Exposition herangezogen. Blei und seine Verbindungen sind als reproduktionstoxisch Kategorie 1A eingestuft. Dies bedeutet, dass Blei und Bleiverbindungen beim Menschen bekanntermaßen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken (RD1A) und wegen ihrer möglichen Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit des Menschen Anlass zur Besorgnis geben (H360FD, bzw. H360Df). Auch bei Einhaltung des Beurteilungsmaßstabes kann eine Fruchtschädigung bei einer Exposition Schwangerer nicht ausgeschlossen werden (siehe dazu auch Nr. 6.3).



*Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“ [22].*

Ferner sind Blei- und seine Verbindungen mit H373 „Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.“ gekennzeichnet. Die Überwachung biologischer Parameter zusätzlich zur Luftüberwachung kann deshalb sinnvoll sein. Die im Rahmen einer umfangreichen arbeitsmedizinischen Studie gewonnenen Messergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Blutbleiwerte von Kolbenlöttern nicht von denen der Allgemeinbevölkerung unterscheiden.



*Siehe Sidhu, A. (Hrsg.): Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer [16].*

Zinnverbindungen liegen in mehreren Oxidationsstufen vor. Zur Bewertung der Exposition wurde der strengere Beurteilungsmaßstab von 2 mg/m<sup>3</sup> für Zinn(IV)-Verbindungen herangezogen unter der Annahme, dass bei Unterschreitung dieses Wertes auch der AGW für Zinn(II)-Verbindungen eingehalten ist.

**Tabelle 1:** Relevante Gefahrstoffe beim Kolbenlöten mit bleihaltigen Lotlegierungen, Beurteilungsmaßstäbe und Einstufung

Gefahrstoffe	Beurteilungsmaßstäbe	Einstufung nach CLP-Verordnung
<b>Anorganische Bleiverbindungen</b>	0,15 mg/m <sup>3</sup> (BOELV) 0,1 mg/m <sup>3</sup> (E-Staubfraktion, TRGS 505)	Reproduktionstoxizität, Kategorie 1A; H360Df Reproduktionstoxizität, Zusatzkategorie für Wirkungen auf oder über Laktation; H362 *Akute Toxizität, Kategorie 4, Einatmen; H332 *Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken; H302 *Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 2; H373 Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H400 Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1; H410
<b>Blei und Bleipulver</b>	0,15 mg/m <sup>3</sup> (BOELV) 0,1 mg/m <sup>3</sup> (E-Staubfraktion, TRGS 505)	Reproduktionstoxizität, Kategorie 1A; H360FD Reproduktionstoxizität, Zusatzkategorie für Wirkungen auf oder über Laktation; H362 Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken; H302 Akute Toxizität, Kategorie 4, Einatmen; H332 Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition), Kategorie 2; H373 Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H400 Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1; H410
<b>Anorganische Zinnverbindungen</b>	8 mg/m <sup>3</sup> Zinn(II)-Verbindungen (AGW E-Staubfraktion) bzw. 2 mg/m <sup>3</sup> Zinn(IV)-Verbindungen (AGW E-Staubfraktion)	
<b>Alveolengängige Staubfraktion</b>	1,25 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 8(II) (KZW)	
<b>Einatembare Staubfraktion</b>	10 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 2(II) (KZW)	
<b>Acetaldehyd</b>	91 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 1, =2= (I) (KZW + Momentanwert) Y	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 1; H224 Karzinogenität, Kategorie 2; H351 Augenreizung, Kategorie 2; H319 Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition), Kategorie 3, Reizwirkung auf die Atemwege; H335
<b>Acrylaldehyd</b>	0,2 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 2(I) (KZW) H	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225 Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen; H330 Akute Toxizität, Kategorie 2, Verschlucken; H300 Akute Toxizität, Kategorie 3, Hautkontakt; H311 Ätzwirkung auf die Haut und schwere Augenschädigung, Kategorie 1B; H314 Wirkt ätzend auf die Atemwege EUH 071 Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H400 Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1; H410
<b>Butyraldehyd</b>	64 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 1(I) (KZW)	Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2; H225
<b>Formaldehyd</b>	0,37 mg/m <sup>3</sup> (AGW) Überschreitungsfaktor 2(I) (KZW) Sh, X, Y	*Akute Toxizität, Kategorie 3, Einatmen; H331 *Akute Toxizität, Kategorie 3, Verschlucken; H301 *Akute Toxizität, Kategorie 3, Hautkontakt; H311 Ätzwirkung auf die Haut und schwere Augenschädigung, Kategorie 1B; H314 Karzinogenität, Kategorie 1B; H350 Keimzellmutagenität, Kategorie 2; H341 Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1; H317

\* MindestEinstufung

**Erläuterungen**

AGW:	Arbeitsplatzgrenzwert (TRGS 900).
A:	alveolengängige Staubfraktion.
E:	einatembare Staubfraktion.
BOELV:	Binding occupational exposure limit value. Verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte der EU-Kommission sind als Mindeststandards zu übernehmen. Sie sind aber kein AGW im Sinne der GefStoffV, weshalb sie auch nicht in der TRGS 900 geführt werden.
CLP:	Classification, labelling and packaging, Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen.
KZW:	Kurzzeitwert. Die Beurteilung von Expositionsspitzen erfolgt entsprechend TRGS 900; ihr Ergebnis wird als Überschreitungsfaktor (ÜF) ausgewiesen.
(I) bzw. (II):	Kategorie (I) beziehungsweise Kategorie (II).
Momentanwert:	Darf zu keinem Zeitpunkt überschritten werden. Bei einigen Stoffen der Kategorie I wird sowohl ein 15-Minuten-Mittelwert als auch ein Momentanwert festgesetzt. In diesem Fall werden beide Überschreitungsfaktoren in der Spalte aufgeführt. Ein Eintrag von z. B. 2, =4= (I) bedeutet, dass die zweifache Arbeitsplatzgrenzwertkonzentration als Mittelwert über 15 Minuten einzuhalten ist und im gleichen Zeitraum die 4-fache Arbeitsplatzgrenzwertkonzentration zu keinem Zeitpunkt überschritten werden darf.
Y:	Risiko der Fruchtschädigung (TRGS 900).
H:	hautresorptiv (TRGS 900).
X:	kanzerogener Stoff der Kategorie 1A/1B.
Sh:	hautsensibilisierender Stoff (TRGS 900).
EUH071:	Wirkt ätzend auf die Atemwege.
H224:	Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar.
H225:	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
H300:	Lebensgefahr bei Verschlucken.
H301:	Giftig bei Verschlucken.
H302:	Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
H311:	Giftig bei Hautkontakt.
H314:	Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
H317:	Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
H319:	Verursacht schwere Augenreizung.
H330:	Lebensgefahr bei Einatmen.
H331:	Giftig bei Einatmen.
H332:	Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
H335:	Kann die Atemwege reizen.
H341:	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.
H350:	Kann Krebs erzeugen.
H351:	Kann vermutlich Krebs erzeugen.
H360Df:	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
H360FD:	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
H362:	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.
H373:	Kann bei längerer oder wiederholter Exposition Organe schädigen (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
H400:	Sehr giftig für Wasserorganismen.
H410:	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

**5.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition**

Aus der Messdatendokumentation der Unfallversicherungsträger (MEGA) wurden die Messergebnisse der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse für die Tätigkeit Weichlöten mit bleihaltigen Loten herangezogen. Dabei wurden folgende Zeiträume betrachtet:

- 1986 bis 1994,
- 1995 bis 2000,
- 2001 bis 2005,
- 2006 bis 2014.

Die Ergebnisse sind im Anhang 2 dargestellt. Für den Zeitraum von 2006 bis 2014 zeigt Tabelle 2 die Anzahl der Messungen, die Anzahl der Betriebe, den Beurteilungsmaßstab, die Anzahl der Messwerte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze, die 50 %- und 95 %-Perzentile sowie die höchste analytische Bestimmungsgrenze. Die Messergebnisse sind repräsentativ für die Schichtlänge. Die Messungen belegen gemäß TRGS 402 Anhang 3, dass beim manuellen Kolbenlöten mit bleihaltigen Lotlegierungen in der Elektro- und Elektronikindustrie die Beurteilungsmaßstäbe für die relevanten Gefahrstoffe eingehalten werden.

**Tabelle 2:** Messergebnisse beim Kolbenlöten mit bleihaltigen Loten, Zeitraum 2006 - 2014

Gefahrstoff	Anzahl Betriebe/Messwerte	Beurteilungsmaßstab (mg/m <sup>3</sup> )	Analytische Bestimmungsgrenze a.B. (mg/m <sup>3</sup> )	Anzahl Messwerte < a. B.	50 %-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95 %-Wert (mg/m <sup>3</sup> )
A-Staubfraktion	16/28	1,25	0,25	21	< 0,25	1,00
E-Staubfraktion	18/35	10	0,71	31	< 0,71	1,44
Blei und seine Verbindungen	24/37	0,1	0,008	34	< 0,008	0,004
Zinn und seine Verbindungen	24/38	2	0,042	29	< 0,04	0,01
Formaldehyd	20/29	0,37	0,01	14	0,01	0,03
Acetaldehyd	18/27	91	0,02	20	< 0,02	0,04
Acrylaldehyd	18/27	0,2	0,01	27	< 0,01	< 0,01
Butyraldehyd	18/27	64	0,02	27	< 0,02	< 0,02

Werte mit „<“ -Vorzeichen lagen unterhalb der analytische Bestimmungsgrenze

# 6 Schutzmaßnahmen und Wirksamkeitsprüfung

## 6.1. Substitution

Ein Unternehmen hat auf der Grundlage des Ergebnisses der Substitutionsprüfung nach GefStoffV vorrangig eine Substitution durchzuführen und dadurch die Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen. Es hat Gefahrstoffe oder Verfahren durch Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse oder Verfahren zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten weniger gefährlich sind. Ist dies nicht möglich, hat es die Gefährdung auf ein Minimum zu reduzieren.

## 6.2. Technische Schutzmaßnahmen

Lötrauche sind an der Entstehungsstelle abzusaugen. Dazu dienen separate (z. B. Trichter, Hauben) oder an der Spitze des LötKolbens integrierte Erfassungseinrichtungen. Die Absauganlagen sind als Einzelplatz-, Gruppen- oder Zentralabsaugung ausgeführt. Die abgesaugte Luft ist in Abscheidern zu reinigen und in den Arbeitsraum zurück- oder nach außen abzuführen.



*Hinweise zu Schutzmaßnahmen geben die DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (bisher BGR 121) [23], die Richtlinie VDI 2262 Blatt 3 und 4 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“ [24; 25] und der Untersuchungsbericht „Lötrauchemissionen beim Einsatz von Absauggeräten – Weichlöten“ [26]. Darüber hinaus sind grundsätzlich die Vorgaben der TRGS 505 „Blei“ zu beachten.*

Oft werden so genannte Lötrauchadsorber eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Tischgeräte, die so nah wie möglich an die Lötstelle bzw. an den Lötprozess herangeführt werden. Die Lötrauche werden durch einen Ventilator angesaugt und in einem Partikelfilter und Aktivkohlefilter abgeschieden. Lötrauchadsorber als Tischgeräte scheiden die entstehenden Lötrauche nicht ausreichend wirksam ab, so dass die Vorgaben dieser Empfehlungen nicht erfüllt werden können.

## 6.3. Organisatorische Schutzmaßnahmen

Die Wirksamkeit der Absaugung ist regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich zu überprüfen und das Ergebnis der jährlichen Wirksamkeitsprüfung zu dokumentieren. Bei der Festlegung der Prüf- und Wechselfristen für die Filtermedien sind die Empfehlungen der Hersteller zu berücksichtigen.

Beim Einsatz einer Lötspitzenabsaugung sind Verkrustungen und Verklebungen regelmäßig zu beseitigen.

Die besonderen Regelungen für schwangere und stillende Frauen nach Mutterschutzgesetz [27] sind zu beachten.

## 6.4. Unterweisung

Für alle Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen zu erstellen und auszuhängen. Die Beschäftigten sind mindestens einmal jährlich arbeitsplatz- und tätigkeitsbezogen anhand der Betriebsanweisung in einer für sie verständlichen Form und Sprache zu unterweisen. Hierbei ist insbesondere auf die Hygiene am Arbeitsplatz einzugehen. Die Anforderungen nach §14 der Gefahrstoffverordnung „Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten“ sind zu berücksichtigen.



*Siehe auch Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ [28] und TRGS 505 „Blei“.*

## 6.5. Arbeitsmedizinische Vorsorge

Bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Blei und anorganischen Bleiverbindungen und Überschreitung einer Luftkonzentration von  $0,075 \text{ mg/m}^3$  wird die Pflichtvorsorge ausgelöst. Bei Einhaltung dieser Luftkonzentration ist eine Angebotsvorsorge anzubieten (ArbMedVV, Anhang Teil 1, Abschnitt (1), Punkt 2 h). Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Blei oder anorganischen Bleiverbindungen sind außerdem Anlass für das Angebot einer nachgehenden Vorsorge.

## 6.6. Wirksamkeitsprüfung

Diese EGU geben dem Betrieb praxisgerechte Hinweise, wie sichergestellt werden kann, dass verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten sind oder anderweitig davon ausgegangen werden kann, dass der Stand der Technik erreicht ist.

Die Anwenderin oder der Anwender dieser EGU muss bei Änderungen im Arbeitsbereich oder bei Verfahrensänderungen sofort und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen dieser EGU überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit der Empfehlungen. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 der Gefahrstoffverordnung.

Werden die Verfahrensparameter sowie die Schutzmaßnahmen eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass das Minimierungsgebot nach § 7 der Gefahrstoffverordnung erfüllt wird.

# Anhang 1

## Literatur

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt. Die zitierten Arbeitsschutzbestimmungen und Technischen Regeln sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales veröffentlicht (Bundesarbeitsblatt bzw. Gemeinsames Ministerialblatt).

Die zitierten Arbeitsschutzschriften sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden.

### Gesetze und Verordnungen:

- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996; Stand August 2015. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbschg/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbschg/gesamt.pdf)
- [2] Siebtes Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung (SGB VII) vom 07. August 1996; Stand Juli 2017. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/sozialgesetzbuch-7-gesetzliche-unfallversicherung.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/sozialgesetzbuch-7-gesetzliche-unfallversicherung.html)
- [3] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010; Stand März 2017. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/gefahrstoffverordnung.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/gefahrstoffverordnung.html)
- [4] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004; Stand Dezember 2016. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsstaettenverordnung.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbeitsstaettenverordnung.html)
- [5] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015; Stand März 2017. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betriebssicherheitsverordnung.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betriebssicherheitsverordnung.html)
- [6] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18. Dezember 2008; Stand November 2016. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbmedvv/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/arbmedvv/gesamt.pdf)

### Technische Regeln für Gefahrstoffe:

- [7] Technische Regel für Gefahrstoffe 400 – Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400); Ausgabe Juli 2017; Stand September 2017. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-400.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-400.html)
- [8] Technische Regel für Gefahrstoffe 402 – Ermittlung und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402); Ausgabe Februar 2010; Stand Oktober 2016. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-402.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-402.html)
- [9] Verordnung zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung – ElektroStoffV) vom 19. April 2013; Stand Dezember 2016. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.gesetze-im-internet.de/elektrostoffv/BJNR111100013.html](http://www.gesetze-im-internet.de/elektrostoffv/BJNR111100013.html)
- [10] Richtlinie 2011/65/EU (RoHS-Richtlinie) zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten vom 8. Juni 2011; Stand April 2016. Im Internet verfügbar unter  
▶ [www.ce-richtlinien.eu/rohs-richtlinie-zur-beschaenkung-der-verwendung-bestimmter-gefaehrlicher-stoffe-in-elektro-und-elektronikgeraeten/](http://www.ce-richtlinien.eu/rohs-richtlinie-zur-beschaenkung-der-verwendung-bestimmter-gefaehrlicher-stoffe-in-elektro-und-elektronikgeraeten/)
- [11] DIN EN ISO 9453  
Weichlote – Chemische Zusammensetzung und Lieferformen; Ausgabe Dezember 2014. Beuth-Verlag, Berlin.
- [12] DIN EN ISO 12224-1  
Massive Lotdrähte und flussmittelgefüllte Röhrenlote; Festlegungen und Prüfverfahren; Teil 1: Einteilung und Anforderungen; Ausgabe Oktober 1998. Beuth-Verlag, Berlin.
- [13] DIN EN ISO 9454-1  
Flussmittel zum Weichlöten – Einteilung und Anforderungen – Teil 1: Einteilung, Kennzeichnung und Verpackung; Ausgabe Juli 2016. Beuth-Verlag, Berlin.

- [14] Technische Regel für Gefahrstoffe 528 – Schweißtechnische Arbeiten (TRGS 528); Ausgabe Februar 2009. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-528.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-528.html)
- [15] Schmitt-Thomas, K. G.; Meisel, H.: Arbeitsplatzbelastung beim Weichlöten durch Gas- und Aerosolemissionen aus Lotmetallen und Flussmitteln. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer, Bd. 10. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1984.
- [16] Sidhu, A.: Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer, Bd. 15. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1987.
- [17] Technische Regel für Gefahrstoffe 900 - Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900); Ausgabe Januar 2006; Stand Juni 2017. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-900.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-900.html)
- [18] CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen; Stand Juni 2017. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Rechtstexte/RText-CLP/RText-CLP.html](http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Rechtstexte/RText-CLP/RText-CLP.html)
- [19] Gefahrstoffinformationssystem des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: GESTIS-Stoffdatenbank. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank](http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank)
- [20] Fachinformationen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: Verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte der EU-Kommission. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeitsplatzgrenzwerte/verbindliche-arbeitsplatzgrenzwerte-der-eu-kommission/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeitsplatzgrenzwerte/verbindliche-arbeitsplatzgrenzwerte-der-eu-kommission/index.jsp)
- [21] Technische Regeln für Gefahrstoffe 505 – Blei (TRGS 505); Ausgabe Februar 2007. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-505.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-505.html)
- [22] Technische Regel für Gefahrstoffe 905 – Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe (TRGS 905); Ausgabe März 2016 ; Stand Juni 2017. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-905.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-905.html)
- [23] DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“; Ausgabe Januar 2004. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [http://publikationen.dguv.de/dguv/udt\\_dguv\\_main.aspx?FDOUID=23900](http://publikationen.dguv.de/dguv/udt_dguv_main.aspx?FDOUID=23900)
- [24] VDI 2262 Blatt 3  
 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Lufttechnische Maßnahmen; Ausgabe Juni 2011. Beuth Verlag, Berlin.
- [25] VDI 2262 Blatt 4  
 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe“; Ausgabe März 2006. Beuth-Verlag, Berlin.
- [26] Institut für Arbeitsschutz der DGUV: Untersuchungsbericht „Lötrauchemissionen beim Einsatz von Absauggeräten – Weichlöten“. Ausgabe April 2004. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.bgetem.de/redaktion/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/ gefahrstoffe/fachveroeffentlichungen/ loetrauch-emissionen-beim-einsatz-von-absauggeraeten-weichloeten-bgia-projekt-3060](http://www.bgetem.de/redaktion/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/ gefahrstoffe/fachveroeffentlichungen/ loetrauch-emissionen-beim-einsatz-von-absauggeraeten-weichloeten-bgia-projekt-3060)
- [27] Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG) vom 14.01.1952; Stand Mai 2017. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/muschg/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/muschg/gesamt.pdf)
- [28] Technische Regel für Gefahrstoffe 500 – Schutzmaßnahmen (TRGS 500); Ausgabe Januar 2008; Stand Mai 2008. Im Internet verfügbar unter  
 ▶ [www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-500.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-500.html)



# Anhang 2

## Gefahrstoffbelastung beim Weichlöten (Kolbenlöten)

Grundlage für die Erstellung dieser Empfehlungen sind Arbeitsplatzmessungen beim Kolbenlöten in Mitgliedsbetrieben der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse aus den Zeiträumen

- 1986 bis 1994
- 1995 bis 2000
- 2001 bis 2005
- 2006 bis 2014

Die Lötarbeiten wurden überwiegend im Sitzen ausgeführt. Die Messungen wurden entsprechend der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ vorgenommen. Die Probenahme erfolgte mit personengetragenen

oder stationären Probenahmegeräten personenbezogen in Atemhöhe in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten. Die Probenahmedauer betrug in der Regel zwei Stunden. Die Messergebnisse sind repräsentativ für die Schichtlänge.

Die Tabellen 3 bis 6 zeigen für die berücksichtigten Gefahrstoffe die Anzahl der Messungen, den 50 %-Wert und den 95 %-Wert für die einzelnen Zeiträume. In den Tabellen 7 und 8 sind jeweils für die vier Zeiträume die statistischen Werte zusammengestellt.

Im Rahmen der Auswertungen wurden auch Mehrfachmessungen am selben Arbeitsplatz mit unterschiedlichen Arbeits- oder Lüftungsbedingungen (d. h. Bearbeiten unterschiedlicher Baugruppen, Arbeiten mit und ohne Absaugung) berücksichtigt.

**Tabelle 3:** Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 1986 bis 1994

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )
Blei und seine Verbindungen	81	0,002	0,01
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	46	0,035	0,12
Formaldehyd	49	0,007	0,04
Acetaldehyd	39	0,013	0,04
Acrylaldehyd	39	0,005	0,008
Butyraldehyd	39	0,013	0,015

**Tabelle 4:** Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 1995 bis 2000

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )
Blei und seine Verbindungen	54	0,002	0,007
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	46	0,003	0,01
Formaldehyd	50	0,01	0,053
Acetaldehyd	48	0,02	0,036
Acrylaldehyd	48	0,01	0,01
Butyraldehyd	48	0,01	0,01

**Tabelle 5:** Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlötten für den Zeitraum 2001 bis 2005

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )
Blei und seine Verbindungen	77	0,001	0,004
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	71	0,001	0,018
Formaldehyd	74	0,006	0,03
Acetaldehyd	68	0,01	0,03
Acrylaldehyd	69	0,005	0,005
Butyraldehyd	69	0,01	0,01

**Tabelle 6:** Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlötten für den Zeitraum 2006 bis 2014

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )	95%-Wert (mg/m <sup>3</sup> )
A-Staubfraktion	28	< 0,25	1,00
E-Staubfraktion	35	< 0,71	1,44
Blei und seine Verbindungen	37	< 0,008	0,004
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	38	< 0,04	0,01
Formaldehyd	29	0,01	0,03
Acetaldehyd	27	< 0,02	0,04
Acrylaldehyd	27	< 0,01	< 0,01
Butyraldehyd	27	< 0,02	< 0,02

**Tabelle 7:** Statistische Auswertung des 50 %-Wertes für die berücksichtigten Zeiträume

Gefahrstoff	50 %-Werte für die angegebenen Zeiträume (mg/m <sup>3</sup> )			
	1986 - 1994	1995 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2014
Blei und seine Verbindungen	0,002	0,002	0,001	< 0,008
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	0,035	0,003	0,001	< 0,04
Formaldehyd	0,007	0,01	0,006	0,01
Acetaldehyd	0,013	0,02	0,01	< 0,02
Acrylaldehyd	0,005	0,01	0,005	< 0,01
Butyraldehyd	0,013	0,01	0,01	< 0,02

**Tabelle 8:** Statistische Auswertung des 95%-Wertes für die berücksichtigten Zeiträume

Gefahrstoff	95 %-Werte für die angegebenen Zeiträume (mg/m <sup>3</sup> )			
	1986 - 1994	1995 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2014
Blei und seine Verbindungen	0,01	0,007	0,004	0,004
Zinn und seine anorganischen Verbindungen	0,12	0,01	0,018	0,01
Formaldehyd	0,04	0,053	0,03	0,03
Acetaldehyd	0,04	0,036	0,03	0,04
Acrylaldehyd	0,008	0,01	0,005	< 0,01
Butyraldehyd	0,015	0,01	0,01	< 0,02

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)